

Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología

EDUCyT. Revista EDUCyT, 2011; Vol. 3, Enero – Junio, ISSN: 2215-8227

A QUÉ EPISTEMOLOGÍA RECURRIR PARA INVESTIGAR SOBRE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

WHAT PHILOSOPHY OF SCIENCE SHOULD WE TAKE INTO ACCOUNT IN ORDER TO DO RESEARCH ON SCIENCE TEACHING

Rafael Yecid Amador Rodríguez
Agustín Adúriz-Bravo

GEHyD-Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales,
CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en
Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
E-mail (primer autor): rafaelyecid@gmail.com

3

RESUMEN

En este documento se presenta un posible análisis teórico de las relaciones que cabe establecer entre la epistemología y la didáctica de las ciencias, y se hace una interpretación de cómo se comprende el proceso de enseñanza desde cada postura epistemológica aquí abordada. Además, se sugiere que la llamada “concepción semántica de las teorías científicas” puede tener un alto potencial teórico para apoyar los desarrollos actuales de la didáctica de las ciencias.

PALABRAS CLAVE:

Didáctica de las ciencias, epistemología, enseñanza, concepción semántica, modelos científicos.

ABSTRACT

This paper presents a possible theoretical analysis of the relationships that may be established between the philosophy of science and science education as a discipline, and an interpretation of how to understand the process of teaching from each philosophical position revised here. It also suggests that the so-called ‘semantic conception of scientific theories’ may have high theoretical potential to support the current developments in science education.

KEYWORDS

Science education, philosophy of science, teaching, semantic conception, scientific models.

INTRODUCCIÓN

Más de dos décadas de investigación en la didáctica de las ciencias sugieren que es necesario asumir una postura clara desde la *epistemología* (o filosofía de la ciencia) para fundamentar los procesos de enseñanza, aprendizaje, diseño curricular e innovación, entre otros campos de problemas de nuestra incipiente disciplina (Acevedo, 2008). Se podría así generar con mayor coherencia un corpus de decisiones didácticas en el ámbito educativo, sin importar el nivel de enseñanza (desde el inicial hasta el universitario).

Al interior de la comunidad de didactas de la ciencias es ya común encontrar la afirmación de que la epistemología es un elemento esencial e insoslayable para el análisis y la fundamentación teórica de las disciplinas científicas a enseñar (Mellado y Carracedo, 1993). Los investigadores/as en didáctica llegan a esta tesis como reacción a los reportes de los trabajos realizados hasta el último cuarto del siglo pasado, que condujeron al diagnóstico de que la epistemología tenía poca incidencia en la formulación de los programas académicos de cualquier nivel educativo y que la concepción epistemológica que orientaba la enseñanza era más bien “positivista” en sentido amplio (es decir, empiroinductivista y científicista).

Dado lo anterior, la comunidad comenzó a llamar la atención sobre la necesidad de incluir una postura no positivista (esto es, no “absolutista”) en la didáctica de las ciencias (Matthews, 1992). Asumir una postura epistemológica distinta a la mencionada supone que los/as didactas de las ciencias hemos de reformular nuestras representaciones acerca de la ciencia, lo que nos llevaría a plantear nuevas respuestas a interrogantes tales como: ¿qué es la ciencia?, ¿qué visión de la epistemología presenta mayor poder explicativo para entender las ciencias desde su enseñanza?, ¿cómo los investigadores/as científicos/as desarrollan sus teorías, leyes y modelos científicos?, ¿qué postura epistemológica es la más adecuada para asumir los procesos investigativos y de intervención sobre la educación científica?

Responder con cuidado a estas preguntas permite tomar una posición distinguible y comunicable en torno a lo que entendemos por ciencias y por didáctica de las ciencias. Por ejemplo, Mellado y Carracedo (1993) son autores de una propuesta programática ya clásica, en la que describen cómo las distintas escuelas de la epistemología contribuyen a interpretar la didáctica de las ciencias naturales; esta postura puede ser refinada, a casi dos décadas de generada, incorporando visiones epistemológicas post-kuhnianas (recientes y actuales).

El propósito de este artículo es sustentar teóricamente algunas relaciones que se establecen entre la epistemología y la didáctica de las ciencias; el meta-análisis que aquí proponemos permitiría, por ejemplo, comprender el proceso de enseñanza de las ciencias desde un punto de vista *epistémico*, es decir, relacionado con la dinámica del propio saber científico. En la primera parte, presentamos los fundamentos epistemológicos “clásicos” desde los cuales la didáctica de las ciencias hizo una diagnosis de la enseñanza tradicional y propuso innovaciones; este recorrido nos parece importante porque permite reconocer qué posturas epistemológicas comenzaron a nutrir la didáctica de las ciencias en sus inicios, contribuyendo a sustentarla teórica y metodológicamente. Para profundizar en este análisis de primer orden, se pueden consultar los trabajos de Mellado y Carracedo (1993), Porlán y colaboradores (1997, 1998) y Mellado (2003), que ya constituyen referencias obligadas.

En la segunda parte del artículo, acudimos a una propuesta de periodización (cf. Adúriz-Bravo, 2001) más completa que la usada en trabajos anteriores, a fin de establecer otras correspondencias entre epistemología y didáctica de las ciencias que no habían sido mostradas hasta ahora y señalar cómo algunos presupuestos de la epistemología de las últimas cuatro décadas contribuyen a comprender los fundamentos conceptuales y procedimentales desarrollados para la didáctica de las ciencias como disciplina “madura”.

Al final del artículo nos detenemos con un poco más de detalle en una propuesta epistemológica particular, la llamada “concepción semántica de las teorías científicas”, que a nuestro juicio tiene un interesante potencial teórico para justificar las investigaciones e innovaciones de la didáctica de las ciencias de nuestros días. Nos apoyamos entonces en la tesis de la “emergencia” de una didáctica de las ciencias *modeloteórica* o *basada en modelos* (cf. Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009a, 2009b).

Aspectos de la epistemología clásica que permean la didáctica de las ciencias: Algunos tópicos tradicionales en torno al acto didáctico

Como primera referencia, se puede acudir a los presupuestos del empirista inglés Francis Bacon (1620/1979), quien señala que nuestro conocimiento se refiere a la estructura misma del mundo natural, y soporta su metodología de acceso a él en una lógica inductiva. Un tanto simplificada, se puede caracterizar el pensamiento de Bacon mediante la importancia que él otorga al examen *empírico* de los fenómenos: se puede acceder al conocimiento mediante la observación sistemática y la experimentación con el fin de “descubrir” los principios o leyes que rigen la naturaleza. Por tal motivo, la percepción sensorial es el origen y prueba última del conocimiento, la experiencia es la única fuente de saber confiable y las teorías se formulan “generalizadamente” utilizando inferencias de carácter inductivo. Se asume que la mente científica es como una “hoja en blanco” en la que se va escribiendo la experiencia acumulada.

Para poder llegar a las leyes o principios, Bacon recomienda minimizar cuanto se pueda las suposiciones y creencias (de cariz *teórico*) que se tengan respecto de la dinámica de la naturaleza, con el objeto que la observación sea lo más pura, no sesgada y objetiva posible. Hoy en día se ha vuelto un lugar común señalar que esta visión epistemológica no da cuenta del desarrollo del conocimiento científico visto a la luz de cuanto sabemos de la historia de la ciencia; en efecto, la “dinámica” de descubrimiento e invención que se infiere para la ciencia moderna no se ajusta mucho a las secuencias baconianas de observación objetiva-formulación de principios generalizadores.

Desde la didáctica de las ciencias, trasladar este aparato epistemológico para pensar en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias implica, en principio, pensar en los roles que asumen los dos grupos de actores principales del sistema aula: profesorado y estudiantado. El maestro/a pasaría a identificarse con quien “posee” la verdad del conocimiento a enseñar; es, por lo tanto, quien decide qué, cómo y cuándo enseñarlo. Pero muchas veces este conocimiento altamente normativo ya está impuesto por aquellas entidades gubernamentales que norman la educación y que, como se ha venido señalando, operan a menudo con una visión de ciencia lineal, monolítica y separada de su entorno cultural (cf. Gallego Badillo et al., 2004).

Los maestros/as tradicionales consideran que sus estudiantes llegan a la escuela sin ningún saber científico; por lo tanto, asumen que, a partir de la suma del descubrimiento autónomo que se pueda producir en los chicos/as “enfrentados” a los fenómenos, más alguna especie de “flujo” de conocimiento por transmisión (mediante la oralidad), el saber científico entrará y se acumulará en sus mentes. Esta versión a trazos gruesos de enseñanza de las ciencias tradicional –identificada epistemológicamente como empirista– ha sido criticada por los/as especialistas en las últimas décadas, generándose propuestas “innovadoras” al respecto, que ponen en cuestión tanto la neutralidad de lo empírico como la validez del ascenso inductivo de hechos a principios.

Otra concepción epistemológica con gran predicamento para comprender el desarrollo del conocimiento científico, que suscitó alta adhesión desde el siglo XVII compitiendo fuertemente con el empirismo, fue el *racionalismo*. El presupuesto básico de esta concepción señala que el conocimiento es un producto de la mente humana forjado a partir de la razón, la lógica y la argumentación: el conocimiento no “está” en la realidad, y por tanto no se obtiene por un proceso de observación.

Los racionalistas acentúan la importancia que tiene la mente para la generación y la fundamentación del conocimiento científico. Un tanto simplificado, se puede decir que, para los representantes de esta escuela epistemológica, la razón es la fuente del conocimiento válido y el lugar donde se interpretan los hechos que acontecen en la naturaleza; los hechos son observables solo a través de y gracias a sistemas categoriales teóricos que de alguna manera los preexisten y son contruidos desde una lógica universal (cf. Chalmers, 1988; Mellado y Carracedo, 1993; Porlán et al., 1998).

La enseñanza de las ciencias tradicional, magisterial y expositiva, también ha sido acusada de racionalista en su base epistemológica. Desde el racionalismo se asumiría que al estudiantado se le debe enseñar a utilizar la lógica y el razonamiento abstracto sobre los distintos contenidos curriculares, por lo cual el desarrollo de los chicos/as condicionaría fuertemente el aprendizaje. El aprendizaje se desarrollaría por etapas, y solo en la última de ellas se alcanzaría el nivel de razonamiento abstracto que habilitaría a los/as jóvenes para comprender las ciencias. Este pensamiento *formal* aparecería por superación de una etapa anterior más concreta y empírica, y esa superación podría o no estar favorecida por los contenidos específicos a enseñar (cf. Mellado y Carracedo, 1993).

Reconocida la identificación arriba esbozada entre la enseñanza de las ciencias tradicional y las posturas epistemológicas dieciochescas, los/as especialistas en didáctica de las ciencias comenzaron a recurrir a otros planteamientos para comprender las situaciones de aula. Apareció entonces una producción intelectual bastante extensa que intentaba acercar el popperianismo y la nueva filosofía de la ciencia (Kuhn, Lakatos, Toulmin...) a los planteamientos de nuestra disciplina. Esta última escuela epistemológica se fue volviendo así referencia casi obligada para fundamentar la producción didáctica innovadora.

Sin embargo, en los últimos cuarenta años se han generado nuevas posiciones teóricas dentro de la epistemología (algunas de ellas serían el objetivismo, el estructuralismo, la concepción semántica, la axiología científica, los planteamientos en torno a la idea de tecnociencia, el humanismo, la sociología del conocimiento científico: cf. Estany, 1993; Echeverría, 1995). Estas posiciones contemporáneas, que recuperan algunos aspectos clave de la epistemología clásica desde nuevas perspectivas y utilizando nuevas herramientas, están aún poco tenidas en cuenta en la didáctica de las ciencias.

A qué epistemología acudir para sustentar la didáctica de las ciencias como cuerpo de reflexiones teóricas y de intervenciones prácticas

Asumimos la didáctica de las ciencias como una disciplina de carácter parcialmente *metacientífico* (es decir, *de segundo orden* o *metadiscursivo*) (Adúriz-Bravo, 2001). Para nosotros, las reflexiones y análisis, los planteamientos teóricos y metodológicos, y las innovaciones y las investigaciones en nuestro campo se desarrollan en torno al contenido científico desde la perspectiva teórica de su *enseñabilidad*. Consideramos aquí entonces que el saber didáctico de las ciencias se podría apuntalar desde los planteamientos recientes y actuales de la epistemología, utilizándola como metaciencia auxiliar (Adúriz-Bravo, 2001). Específicamente, nos interesan las propuestas de la “familia semanticista”, y muy concretamente los planteamientos del epistemólogo estadounidense Ronald Giere (cf. Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003).

Ahora bien, para organizar la lectura de las diversas aportaciones de la epistemología a la didáctica de las ciencias, y continuando y profundizando las propuestas anteriores que se apoyaban en un examen “diacrónico” de las escuelas epistemológicas, nos parece interesante recurrir a *periodizaciones* más sistemáticas de la epistemología del siglo XX (por ejemplo, las que se encuentran

en Lorenzano, 2001, y Adúriz-Bravo et al., 2006). Se utilizará a continuación una propuesta en la que se organizan las distintas visiones de la epistemología en tres grandes “épocas”.

Primera época: El positivismo lógico y la concepción heredada

Es ya tradicional situar el comienzo de la epistemología institucionalizada y profesionalizada en la constitución del Círculo de Viena en la década del 20 del siglo pasado, y “seguirle la pista” a la primera escuela de la disciplina como tal, el positivismo lógico, a lo largo de las sucesivas versiones que asumió en su devenir histórico. Se podría aceptar que la hegemonía de esta “manera de hacer” epistemológica termina con la decadencia de la llamada “concepción heredada” en los años 70.

En el positivismo lógico se puede reconocer una primera formalización de la imagen popular o *folk* de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2001; Adúriz-Bravo et al., 2006); los epistemólogos/as que trabajan bajo sus presupuestos teóricos ponen énfasis en el aspecto *metodológico* de la actividad científica, privilegiando un enfoque investigativo “sintáctico” (es decir, lógico-lingüístico), con la intención de generar un análisis riguroso de la estructura y validez del conocimiento científico.

Se puede afirmar que una característica esencial del positivismo “elaborado” propio del siglo XX es la de asumirse como una orgánica *filosofía de las ciencias empíricas*, y no simplemente como una teoría del conocimiento ordinario de corte empirista clásico (cf. Moulines, 1979). Ahora bien, esta primera postura epistemológica profesionalizada, más allá de tener un alto valor histórico, no mostraría tanto poder teórico a la hora de comprender la enseñanza desde los planteamientos de la nueva didáctica de las ciencias. Una epistemología “heredada”, por ejemplo, pone un énfasis exagerado en la formalización del lenguaje científico, en desmedro de su valor *semántico* (para dar sentido al mundo), *pragmático* (adecuado a un contexto valórico) y *retórico* (buscando el convencimiento de la audiencia).

Segunda época: El racionalismo crítico y la nueva filosofía de la ciencia

Los representantes de estas dos grandes escuelas epistemológicas se pueden agrupar en su “propósito” de rebatir o modificar los fundamentos teóricos del positivismo lógico. El racionalismo crítico está bien representado en los escritos de

Sir Karl Popper. Por otra parte, a la escuela conocida como nueva filosofía de la ciencia (que de “nueva” no tiene ya hoy nada) se la sitúa, bastante inexactamente, a partir de la aparición del *opus magnum* de Thomas Kuhn (1971) en 1962, en el que aparece claramente caracterizada la tendencia teórica denominada “externalismo”.

Se ha dicho a menudo que el “parecido de familia” que unifica a los representantes de esta escuela epistemológica (el propio Kuhn, junto con Imre Lakatos, Steven Toulmin y otros) se ocupan de los hechos “sociales” de la ciencia, poniendo el foco en constructos tales como los de comunidad científica, progreso o contexto social y cultural. La nueva filosofía de la ciencia, al menos en esta versión destacada, generara sus propuestas teóricas con el apoyo de la historia de la ciencia, fuente que le provee los insumos empíricos con los cuales pueden interpretar la “dinámica” científica.

La anterior escuela epistemológica ha tenido gran predicamento en la didáctica de las ciencias, sobre todo en sus primeras dos décadas de trabajo (años 70 y 80). Sin embargo, ya se elevan voces señalando que el soporte teórico que ofrece ya no es el más adecuado para nuestra disciplina, por el énfasis un tanto exagerado en los elementos *relativistas* o *irracionalistas*. Por ejemplo, Mercè Izquierdo-Aymerich (1996) señala que, cuando los profesores/as de ciencias generamos actividades de enseñanza apoyados desde presupuestos epistemológicos de esta escuela, a menudo no alcanzamos a presentar los hechos o fenómenos naturales estrechamente vinculados a teorías o modelos científicos que los subsumen, fortaleciendo una imagen de ciencia en la que la formulación de esas teorías o modelos no tendría una relación tan directa con el contexto de intervención sobre la realidad. Al exagerarse el externalismo y el contextualismo en el relato se podría caer en situaciones de enseñanza en las que se generan proposiciones sin ningún tipo de relación con la naturaleza, como si ella no fuera la que propiciara la formulación de las ideas teóricas.

Tercera época: El posmodernismo y las visiones contemporáneas

Cabe señalar que algunos investigadores/as en didáctica de las ciencias, al recurrir a la epistemología, acotan la potencia explicativa de los presupuestos tanto del positivismo como del constructivismo (entendiéndolos como epistemologías “simplistas”), en cuanto que ellos se enfocan demasiado restrictivamente en las interacciones sujeto-objeto (en el primer caso) o en las correlaciones contextuales

con la sociedad (en el segundo caso) a la hora de entender la edificación del conocimiento científico (cf. Amador-Rodríguez et al., 2008).

Desde este señalamiento importante, tendría sentido entonces recurrir a posiciones epistemológicas más recientes, moderadas o de “tercera vía”, que pasarían a ser valiosas para la didáctica de las ciencias.

La tercera época de la epistemología, sobre todo en sus últimas tres décadas, se caracteriza justamente por las críticas que se realizan a los presupuestos del racionalismo y del relativismo “puros”. Es decir, actualmente se impugna tanto la creencia de que solo serán científicas aquellas teorías que puedan ser valoradas en términos universales y que sobrevivan a la prueba de la experimentación, como la creencia de que las teorías son siempre juzgadas relativamente a los sistemas de valores a los individuos o comunidades que las sostienen (cf. Armero, 1999).

Ahora bien, esta oposición frontal a los relatos anteriores se resuelve en una *pluralidad* de escuelas dentro de la epistemología, que conviven con muy diferente grado de armonía entre ellas y diferente grado de tolerancia de una por la otra. Para los fines de este escrito, desarrollaremos solo una de las propuestas actualmente vigentes. Se podría afirmar, sin ser demasiado arriesgados, que esta propuesta (la “semanticista”) tiene alta acogida en la comunidad de epistemólogos/as y suscita la atención de didactas de las ciencias.

Los epistemólogos/as que trabajan bajo la concepción semántica se concentran en el *significado* y uso de las teorías científicas y no tanto en su forma, estructura o construcción. Dentro de la “familia semanticista”, y excluyendo el estructuralismo metateórico, del cual no nos ocuparemos en este artículo, se puede decir que destacan tres autores que han generado propuestas teóricas organizadas en lo tocante a la categoría de *modelo científico*: Fred Suppe, Bas van Fraassen y Ronald Giere.

Los planteamientos generados por Suppe, Giere y van Fraassen apuntan a que no existe una relación tan directa entre aquello que decimos y los fenómenos en sí, sino que esa relación está *mediada por los modelos* en tanto que representaciones abstractas del mundo, representaciones que no son reducibles completamente ni a enunciados ni a realidad (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009b).

Algunas coincidencias teóricas que se pueden establecer entre los planteamientos de Suppe, Giere y van Fraassen serían (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009b):

1. Una “reinterpretación” de las teorías científicas como conjuntos o clases de modelos, lo que proporciona una imagen más satisfactoria de la relación entre las teorías científicas y el mundo real, a causa del fuerte papel de mediador cumplido por los modelos.
2. La consideración de las teorías como algo más que “tinglados” formales de enunciados teóricos deductivamente engarzados, con la inclusión fuerte de los hechos *intencionadamente* interpretados por esos enunciados.

Así, una teoría es –al menos en parte– *una familia de modelos*, los cuales presentan relaciones lógicas y experimentales que aseguran cierta coherencia al conjunto. Esta familia puede ser descrita de varios modos, mediante enunciados diferentes, en lenguajes diversos, y ninguna formulación lingüística tiene ningún estatuto privilegiado. Específicamente, no se atribuye ninguna importancia a la axiomatización como tal, e incluso la teoría puede no ser axiomatizable en sentido no trivial (Díez, 1997). Podemos entonces, siguiendo a Pablo Lorenzano (2001), afirmar que los autores semanticistas comparten el espíritu formalista del período clásico, aunque no la “letra” de las herramientas abstractas utilizadas para cumplir sus objetivos.

Algunos investigadores/as en didáctica acuden a los planteamientos de Giere (1992) porque les encuentran potencia teórica para iluminar la construcción del conocimiento científico escolar (cf. Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003; Develaki, 2007; Koponen, 2007; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009a). Giere pone en el foco de su meta-análisis de la ciencia su naturaleza profundamente cognitiva: lo que se busca es la generación o construcción de conocimiento que dé sentido y sirva para intervenir. Giere propone que un “modelo teórico” es el medio representacional privilegiado con el que los científicos/as capturan el mundo tanto para sí mismos como para los demás; afirma también que en la construcción y reconstrucción de modelos científicos juegan un papel importantísimo las *hipótesis teóricas*, que, a diferencia de los modelos, sí son entidades lingüísticas. Ellas afirman un cierto tipo y grado de relación entre el modelo y un sistema real dado y de ellas cabe predicar verdad y falsedad.

Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009b) acuden a los planteamientos de Giere, recuperando la idea de que la categoría de modelo teórico se relaciona sustantivamente con dos elementos: 1. el conjunto –amplio y heterogéneo– de

recursos simbólicos (expresivos) que se utiliza para definirlo; y 2. el sistema real al cual viene a modelizar, con el cual mantiene la relación de parecido antes expuesta, que técnicamente se llama "similaridad". Entonces, y según esta analogía, en la ciencia escolar las teorías también estarían compuestas de varios elementos: una población de modelos ligados entre sí, diversos sistemas semióticos para describirlos con profundidad, y varias hipótesis conectando esos modelos con sistemas en el mundo real.

En la transposición del semanticismo de Giere a la didáctica de las ciencias se propondría que una teoría determina una clase de modelos científicos escolares *para* algo, para dar cuenta de ciertos datos, fenómenos o experiencias correspondientes a determinado ámbito de la realidad sobre el cual el estudiantado se pregunta y tiene interés en intervenir. Buena parte de la identificación de una teoría en la ciencia escolar consistiría entonces en la identificación de esos fenómenos empíricos, socialmente relevantes, de los que pretende predicar.

¿Qué epistemología puede fundamentar la investigación en didáctica de las ciencias?

Las secciones anteriores corresponden a un intento teórico parcial e inacabado de interpretar epistemológicamente la didáctica de las ciencias; sigue siendo necesario continuar la discusión en la comunidad para tratar de poner "fundamentos epistemológicos" a la nuestra disciplina.

Las posturas epistemológicas existentes hasta la "segunda época" que hemos definido más arriba son consistentes con "formas de hacer" en la didáctica de las ciencias que tuvieron su importancia histórica pero que probablemente ya estén "haciendo agua", puestas en cuestión por diversos actores de la educación científica. Desde las concepciones más duras, lo fundamental en el proceso de enseñanza de las ciencias sería trabajar con los/as estudiantes las teorías; esto implicaría que el profesorado hiciera sus propuestas didácticas en torno a lo sintáctico de la ciencia. Es decir, lo más importante sería enseñar las teorías científicas como enunciaciones culturalmente valiosas (y por ende, curricularmente seleccionadas), relegando a un segundo plano la relación sustantiva que ellas tienen con lo que se podría llamar "la realidad". El estudiantado, por su parte, debería aprender las teorías científicas con el objeto de comprender cómo se comporta idealmente un mundo de "lápiz y papel" que no aparece muy problematizado.

Frente a esto, acudir a otra concepción menos dogmática de la epistemología permitiría generar en quienes aprenden ciencias una mayor comprensión de su entorno mesocósmico. Los presupuestos de aquellas concepciones epistemológicas que se centran más en lo semántico de la ciencia probablemente permitirían diseñar estrategias de aula que propicien una apropiación más sustantiva del mundo que nos rodea, que, a la vez, tenga un mayor valor cultural, al conectar las inquietudes de los niños y niñas, adolescentes y jóvenes con aquellas que han movido y conmovido a la humanidad a lo largo de su historia.

Si asumimos que, para los didactas de las ciencias de hoy en día, una enseñanza de las ciencias de calidad para todos y todas no se reduciría a la transmisión de teorías científicas seleccionadas, sino que requeriría también la discusión a fondo de ciertos “hechos claves” reconstruidos teóricamente en el sistema aula (Adúriz-Bravo, 2001; Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003), los/las estudiantes necesitarían generar explicaciones adecuadas a su nivel de conocimiento y sus sistemas de valores. En este marco, la labor que nos tocaría al profesorado sería la de aproximar los modelos de los estudiantes a unos *modelos científicos escolares* culturalmente valiosos y con valor educativo, cuya referencia final sería la ciencia de los científicos.

A partir de todo lo anterior, pensamos que la propuesta de Giere es suficientemente flexible y rigurosa como para llevarla a la didáctica de las ciencias y hacer de ella un eje conceptual para generar investigación e innovación. Por ejemplo, se podría trabajar en clase con algunos modelos científicos escolares “irreducibles” (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009b) que funcionen con el objeto de entender el mundo natural mediante ideas abstractas, pero que a la vez no estén tan alejados –al menos inicialmente– de las representaciones mentales que traen al aula los/las estudiantes para cualquier nivel educativo. La propuesta es, entonces, que en las clases de ciencias algunos hechos sugerentes o situaciones de interés para este “sistema aula” puedan ser mirados a través de una lente teórica, pasando a ser modelos de alguna idea estructurante, es decir, a la vez *modelos-de* algo que se estudia y *modelos-para* investigar nuevos hechos similares a los iniciales y bajo las mismas “reglas de juego” (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009b).

A modo de inferencias finales

En este escrito se ha hecho un intento por sintetizar algunos planteamientos epistemológicos que permitirían comprender algunos de los marcos teóricos que han direccionado la investigación y la innovación en la didáctica de las ciencias en el pasado y en el presente. Somos del parecer de que cualquier epistemología bien usada, transpuesta correctamente y aplicada coherentemente podría ser valiosa; sin embargo, encontramos que la concepción semántica tiene mucho futuro para las actividades que adelantan los investigadores/as en didáctica de las ciencias. En este sentido, este trabajo se sitúa en el marco de un conjunto de voces que vienen tratando de argumentar que la propuesta de Ronald Giere –u otras semanticistas– proveen de un marco teórico muy sugerente para comprender el desarrollo del conocimiento científico (en la ciencia y en las aulas) (Develaki, 2007; Koponen, 2007; Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo 2003).

Se ha tratado aquí de mostrar cómo cada planteamiento de la epistemología nutre la didáctica de las ciencias de una manera muy precisa. En particular, se ha puesto énfasis en develar cómo la concepción semántica, con su aproximación modeloteórica o basada en modelos, ofrece elementos medulares para asumir una didáctica de las ciencias innovadora y con ideas que permiten comprender mejor las dinámicas que se presentan en la enseñanza de las ciencias del siglo XXI (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009a).

Bibliografía

ACEVEDO DÍAZ, J.A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2004). Apuntes sobre la formación epistemológica de los profesores de ciencias naturales. *Pedagogía y Saberes*, 21, 9-19.

ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009a). Towards model based science education research. *Revista de Educación en Ciencias/Journal of Science Education*, 10, número especial, 202.

ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009b). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, número especial 1, 40-49.

ADÚRIZ-BRAVO, A., SALAZAR, I., MENA, N. y BADILLO, E. (2006). La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: Aportes del positivismo lógico. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1(1), 6-23.

AMADOR-RODRÍGUEZ, R.Y., GALLEGUO BADILLO, R. y PÉREZ MIRANDA, R. (2008). Desde qué versiones epistemológicas los profesores en formación inicial construyen modelos mentales: Una investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 24, 5-21.

ARMERO, J. (1999). Naturalización y relativismo epistemológicos. *Series Filosóficas*. Madrid: UNED.

BACON, F. (1979). *Novum organum*. México: Porrúa. (Original en inglés de 1620.)

CHALMERS, A.F. (1988). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Buenos Aires: Siglo XXI Editores. (Original en inglés de 1976.)

DEVELAKI, M. (2007). The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science & Education*, 16(7), 725-749.

DÍEZ CALZADA, J.A. (1997). La concepción semántica de las teorías científicas. Éndoxa: *Series Filosóficas*, UNED, Madrid, 8, 41-91.

ECHEVERRÍA, J. (1995) *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.

ESTANY, A. (1993). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

FEYERABEND. P. (1981). *Contra del método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona: Ariel. (Original en inglés de 1975.)

GALLEGO BADILLO, G. (2004). Un concepto de modelo para la didáctica de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), artículo 4.

GALLEGO BADILLO, R., PÉREZ MIRANDA, R., TORRES DE GALLEGU, L.N. y AMADOR RODRÍGUEZ, R.Y. (2004). *La formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: Contratación de los fundamentos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

GIERE, R.N. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (Original en inglés de 1988.)

IZQUIERDO-AYMERICH, M. (1996). Relación entre la historia y la epistemología y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.

KOPONEN, I.T. (2007). Models and modelling in physics education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16(7-8), 751-773.

KUHN, T.S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica. (Original en inglés de 1962.)

LORENZANO, P. (2001). La teorización filosófica sobre la ciencia en el siglo XX. *Boletín de la Biblioteca del Congreso de la Nación*, 121, 29-43.

MATTHEWS, M.R. (1992). History, philosophy and science teaching: A present rapprochement. *Science and Education*, 1(1), 11-47.

MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993). Contribuciones de la epistemología a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.

MELLADO, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y epistemología. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.

MOULINES, C.U. (1979). La génesis del positivismo en su contexto científico. *Geo Crítica: Cuadernos Críticos de Geografía Humana*, IV(19), s/pp.

POPPER, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.

PORLÁN ARIZA, R., RIVERO GARCÍA, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.

PORLÁN ARIZA, R., RIVERO GARCÍA, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.

POZO, J.I. y CARRETERO, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia?, *Infancia y Aprendizaje*, 8, 35-52.

ZANOTTI, G. (2002). Los orígenes epistemológicos del estado contemporáneo. *Laissez-Faire*, 16-17, 73-90.